



ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСТЕКЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗДАНИЯ

О. Д. САМАРИН, доцент, канд. техн. наук,
П. В. ВИНСКИЙ, студент (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)

Проблема энергосбережения при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий возникает вследствие истощения запасов ископаемого органического топлива и его постоянного удорожания. Особую актуальность данный вопрос приобретает в настоящее время, в связи с принятием Закона РФ «Об энергосбережении...» №261-ФЗ [1]. Однако снижение энергозатрат представляется, прежде всего, экономической категорией, поэтому в первую очередь необходимо рассматривать малозатратные и быстроокупаемые мероприятия, в том числе использование архитектурно-конструктивных и объемно-планировочных решений здания и автоматизацию инженерных систем.

В частности, при оборудовании отопительных приборов системы отопления здания автоматическими терморегуляторами становится возможным полезное использование внутренних теплоступлений, в том числе от солнечной радиации, проникающей в помещение через заполнения светопроемов. При этом фактическая теплоотдача приборов и потребление тепловой энергии от внешнего источника снижается на соответствующую величину.

В работе [2] была проанализирована зависимость суммарного энергопотребления здания по всем основным составляющим его энергетического баланса от изменения характеристик остекления его помещений на примере рядового помещения здания, находящегося в г. Москве.

Результаты расчетов показывают, что, начиная с величины сопротивления теплопередаче окна $R_{ок} = 0.5$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт, при повышении остекленности суммарный приток теплоты от солнечной радиации в помещение за отопительный период увеличивается быстрее, чем растут трансмиссионные теплопотери, по крайней мере, для фасада, ориентированного на юг. Следовательно, при автоматизации системы отопления суммарные энергозатраты здания при этом будут сокращаться. Это подтверждает данные работы [3], полученные для климатических условий Германии и соответствующего уровня теплозащиты несветопрозрачных ограждений, а также выводы, приведенные в [4] на основании статистического анализа энергетических показателей общественных зданий с различными размерами, конструкцией и площадью остекления.

При дальнейшем повышении теплозащиты окон до уровня около 0.6 ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт сокращение энергопотребления замедляется и даже приостанавливается, главным образом из-за ухудшения светопропускания. В частности, для заполнений светопроемов при $R_{ок} = 0.65$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт значение произведения коэффициента затенения переплетами τ_2 и коэффициента относительного проникновения солнечной радиации $K_{отн}$ будет равно, как правило, всего 0.34 [5]. Это хорошо заметно при анализе зависимости, представленной в табл.1.

Таблица 1.
Зависимость переменной части годового энергопотребления в помещении Q^* от $R_{ок}$ при площади окна $A_{ок} = 2 \text{ м}^2$

$R_{ок}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт	Q^* , МДж/г.
0.36	1868
0.42	1846
0.55	1274
0.65	1224

Наибольший интерес все же представляет экономическая эффективность принятых решений по энергосбережению. В условиях рыночной экономики ее оценку наиболее целесообразно вести по величине совокупных дисконтированных затрат СДЗ, связанных с дополнительными капиталовложениями и уровнем годовых эксплуатационных издержек с учетом изменения цен и тарифов на энергоносители, а также рисков капиталовложений.

Совокупные дисконтированные затраты, приведенные к концу расчетного срока T , г., для каждого варианта определяются по следующей формуле [6]:

$$\text{СДЗ} = K \cdot (1 + p/100)^T + Э \cdot [(1 + p/100)^T - 1] \cdot (100/p), \quad (1)$$

где K – общие капитальные затраты, руб.,

$Э$ – суммарные годовые эксплуатационные издержки, руб./г.;

p – норма дисконта, %.

В расчетах ее можно принимать равной ставке рефинансирования ЦБ РФ. В этом случае удастся четко выявить критерий экономической целесообразности

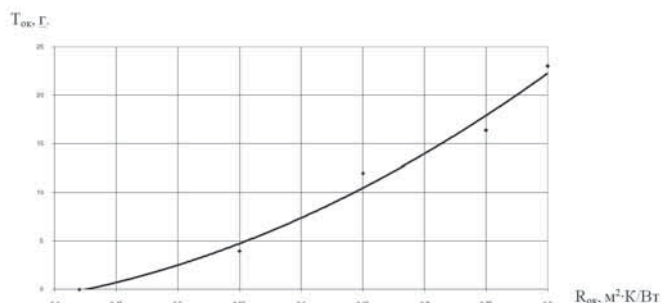


Рис.1. Зависимость дисконтированного срока окупаемости затрат на замену остекления $T_{ок}$, г., от величины $R_{ок}$

ти, который сводится к превышению годовой экономии расходов на тепловую энергию над годовым процентом за кредит или, если капиталовложения осуществляются из собственных средств, над упущенной прибылью, которую можно было бы получить, если вместо затрат на энергосбережение соответствующую сумму положить в банк.

На рис.1 показаны результаты расчета дисконтированного срока окупаемости дополнительных капитальных затрат на замену остекления $T_{ок}$, г., по сравнению с базовым уровнем $R_{ок} = 0.42$ (м²·К)/Вт. Такой срок определяется по формуле [6], [7]:

$$T = \frac{-\ln(1 - pT_0 / 100)}{\ln(1 + p/100)}, \quad (2)$$

где $T_0 = \Delta K / \Delta \dot{Q}$ – бездисконтный срок окупаемости, г.

Стоимость окон в зависимости от их конструкции принималась по среднерыночным ценам на начало 2011 г., а тариф на тепловую энергию – по данным ОАО «МОЭК» для жилых зданий также на 2011 г., а именно $C_t = 1325.7$ руб./Гкал. Норма дисконта учитывалась в размере 7.75% годовых на уровне действующей ставки рефинансирования ЦБ РФ. Легко видеть, что, начиная примерно с $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт, величина $T_{ок}$ становится больше 10 лет, так что мероприятие по замене окон уже нельзя назвать малозатратным и быстроокупаемым.

Таким образом, величина $R_{ок}$ порядка 0.6 – 0.65 (м²·К)/Вт является, по-видимому, оптимальной для климатических условий г. Москвы с точки зрения суммарных энергозатрат помещения за отопительный период. Более низкие значения нецелесообразны из-за повышенных трансмиссионных теплопотерь, а более высокие – из-за пониженной прозрачности. Такой же уровень теплозащиты представляется наиболее целесообразным с технико-экономической точки зрения, потому что при дальнейшем росте $R_{ок}$ дополнительные капитальные затраты растут пока быстрее, чем снижаются расходы на тепловую энергию.

Опираясь на полученные результаты, проведем комплексную оценку для здания в целом. Основными задачами здесь являются:

- 1) При заданном распределении остекления определить рациональную ориентацию здания;
- 2) Рассмотреть поведение суммарных энергозатрат и теплового потока от солнечной радиации для 2-х характерных значений сопротивления теплопередаче окон $R_{ок} = 0.42$ (м²·К)/Вт и $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт;
- 3) Произвести технико-экономическое обоснование замены светопрозрачных конструкций на более энергоэффективные.

Для расчета возьмем проект административного здания, состоящего из 3-х корпусов. Количество градусо-суток отопительного периода определим по формуле [8]:

$$D_d = (t_b - t_{он})z_{он},$$

где $z_{он}$ – продолжительность отопительного периода, сут;

$t_{он}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °C,

t_b – расчетная температура воздуха в помещении, °C. Для Москвы $z_{он} = 214$ сут, $t_{он} = -3.1$ °C [9], откуда, принимая $t_b = +20$ °C [10], находим $D_d = 214 \cdot (20 - (-3.1)) = 4943$ К·сут.

Сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{нс}$ принято равным 2.7 (м²·К)/Вт, что соответствует требованиям таблицы 4 [8] для административных зданий при

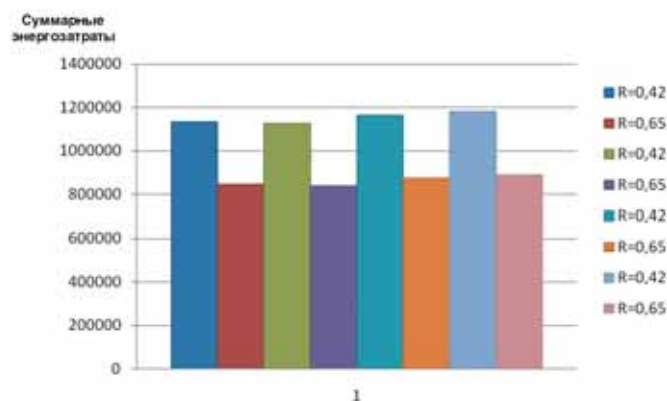


Рис.2. Сравнение суммарных энергозатрат здания, МДЖ/г., при различной его ориентации для остекления с $R_{ок} = 0.42$ (м²·К)/Вт и $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт

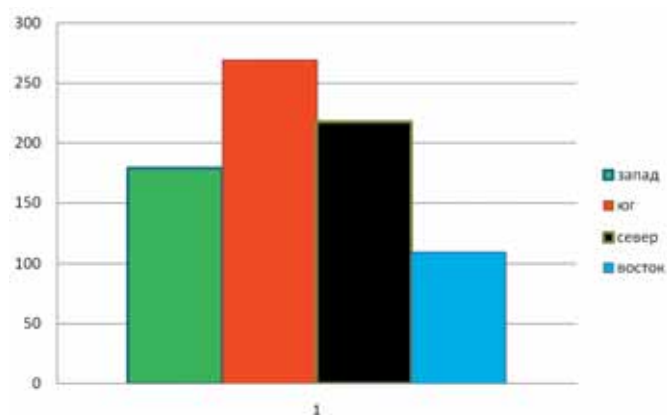


Рис.3. Площадь остекления $A_{ок}$, м², при рациональной ориентации фасадов

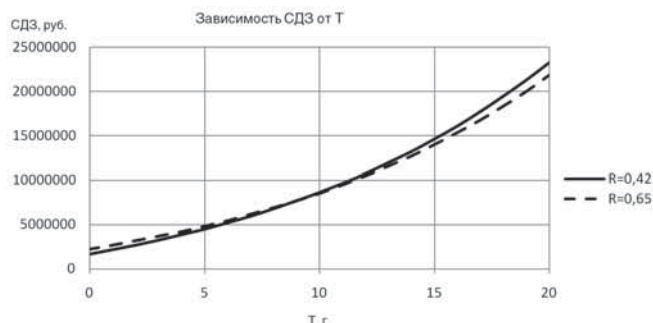


Рис.4. Зависимость СДЗ от срока окупаемости

$D_d = 4943$ К·сут. Изменяя ориентацию здания по сторонам света, найдем вариант с наименьшими суммарными энергозатратами. На основе полученных данных построим диаграммы, на которых наглядно показано сравнение энергопотребления для 4-х вариантов ориентации. Более высокие столбики относятся к базовому варианту с $R_{ок} = 0.42$ (м²·К)/Вт, более низкие – к альтернативному с $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт.

Таким образом, рациональным выбором является фасад с наибольшей площадью остекления, направленный на юг (второй вариант ориентации на Рис.2). На запад и восток суммарный поток теплоты от солнечной радиации меньше, чем на юг, поэтому этот поток при приросте площади окон и разумных значениях $R_{ок}$ уже не компенсирует дополнительных теплопотерь. Северная ориентация является нерациональным выбором из-за повышенных трансмиссионных теплопотерь и маленького теплового потока от солнечной радиации.

Вычисляем совокупные дисконтированные затраты по формуле (1) и строим графики их зависимости от времени.

На рис.4 показаны результаты расчета зависимости СДЗ от срока окупаемости дополнительных капитальных затрат на замену остекления с $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт, по сравнению с базовым уровнем $R_{ок} = 0.42$ (м²·К)/Вт. Из графика видно, что срок окупаемости составляет примерно 9 лет. Уточненный дисконтированный срок окупаемости дополнительных капитальных затрат на замену остекления составит:

$$T_0 = \frac{\Delta K}{\Delta \dot{Q}} = \frac{2248470 - 1666895}{356488 - 265701} = 6,4 \text{ г.}; \quad (3)$$

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - pT_0 / 100)}{\ln(1 + p / 100)} = \frac{-\ln(1 - 7.75 \cdot 6.4 / 100)}{\ln(1 + 7.75 / 100)} = 9,18 \text{ г.}$$

Таким образом, рассматриваемое мероприятие формально нельзя назвать малозатратным и быстроокупаемым, поскольку для подобных решений должно выполняться условие $T_{ок} < 5$ г. Тем не менее, величина $T_{ок}$ даже с учетом дисконтирования затрат будет намного меньше

проектного срока эксплуатации здания, который предполагается равным примерно 50 лет, поэтому рассмотренное предложение по использованию остекления с $R_{ок} = 0.65$ (м²·К)/Вт можно признать экономически целесообразным.

Литература:

1. Закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» №261-ФЗ от 23 ноября 2009 г.
2. О. Д. Самарин, П. В. Винский. Влияние характеристик остекления на общее теплопотребление и технико-экономические показатели здания. (Сб. докл. Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» – М.: МГСУ, 2011, т.1, с. 626 – 629).
3. В. Файст. Основные положения по проектированию пассивных домов. Пер. с нем. с доп. под ред. А. Е. Елохова. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 144 с.
4. О. Д. Самарин. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 296 с.
5. В. Г. Гагарин. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1. // Журнал АВОК, 2009, №1, с. 10 – 16.
6. А. Н. Дмитриев, Ю. А. Табунщиков, И. Н. Ковалев, Н. В. Шилкин. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с.
7. И. В. Борискина, А. А. Плотников, А. В. Захаров. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. – СПб.: Изд-во «Выбор», 2008. – 360 с.
8. СНиП 23 – 02 – 2003 «Тепловая защита зданий». – М: ГУП ЦПП, 2004.
9. СНиП 23-01-99' «Строительная климатология». – М: ГУП ЦПП, 2004.
10. ГОСТ 30494 – 96. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». – М.: ГУП ЦПП, 1999.